

# Litostratigrafia do Jurássico Inferior da região de S. Pedro de Moel (Bacia Lusitânica, Portugal)

Luís V. Duarte<sup>1,2</sup>, Ricardo L. Silva<sup>2,4</sup>, Clara B. Duarte<sup>2</sup>, Ana C. Azerêdo<sup>3,4</sup> & Maria J. Comas-Rengifo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>IMAR – Centro Interdisciplinar de Coimbra. E-mail: lduarte@dct.uc.pt. Correspondência: Departamento de Ciências da Terra, Lg. Marquês de Pombal, 3000-272.

<sup>2</sup>Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal; E-mail: ricardo.cdv@gmail.com; clarabd@clix.pt.

<sup>3</sup>Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, Portugal; E-mail: acazeredo@fc.ul.pt.

<sup>4</sup>Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Centro de Geologia, Lisboa, Portugal.

<sup>5</sup>Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas da Universidad Complutense de Madrid, Espanha; E-mail: mjcomas@geo.ucm.es.

---

**Palavras-chave:** Litostratigrafia; Jurássico Inferior; S. Pedro de Moel; Bacia Lusitânica.

**Resumo:** O Jurássico da região de S. Pedro de Moel constitui uma importante referência no estudo da Bacia Lusitânica. Neste trabalho apresenta-se uma caracterização litostratigráfica das unidades carbonatadas do Jurássico Inferior aflorantes neste sector da bacia, apoiada num novo esboço cartográfico. Em S. Pedro de Moel definem-se as Formações de Coimbra, Água de Madeiros, Vale das Fontes, Lemed e S. Gião, totalizando o intervalo compreendido entre o Sinemuriano Inferior e o Toarciano Médio. As três primeiras unidades mostram um registo estratigráfico muito completo, enquanto as duas mais recentes afloram de forma limitada, em consequência da intensa fracturação existente na região.

**Title:** Lithostratigraphy from the Lower Jurassic of S. Pedro de Moel area (Lusitanian Basin, Portugal).

**Key-words:** Lithostratigraphy; Lower Jurassic; S. Pedro de Moel; Lusitanian Basin.

**Abstract:** The Jurassic in S. Pedro de Moel area is an important reference for the study of the Lusitanian Basin. In this work a lithostratigraphic characterization of the Lower Jurassic carbonate units that crop out in this sector of the basin is presented. This is supported by a new cartographic framework. In S. Pedro de Moel, the Coimbra, Água de Madeiros, Vale das Fontes, Lemed and S. Gião Formations are defined, comprising the Lower Sinemurian to Middle Toarcian interval. Whereas the first three formations show a very complete stratigraphical record, the latter two units are very poorly exposed, as a consequence of the intense tectonic activity in this area.

---

## 1. Introdução

Na geologia portuguesa, a faixa costeira de S. Pedro de Moel é conhecida por apresentar um conjunto de afloramentos carbonatados do Jurássico Inferior que têm suscitado grande interesse no estudo da Bacia Lusitânica (Duarte, 2004). No seguimento dos trabalhos pioneiros de J. F.

Pompeckj (Pompeckj, 1898; 1906) e de P. Choffat (Choffat, 1903-1904; 1905), são vários os que estão relacionados com o Jurássico deste sector da margem ocidental portuguesa, realçando-se mais tarde os importantes esquemas biostratigráficos apresentados por R. Mousterde e seus colaboradores (Mousterde, 1951; 1967a,b; Mousterde *et al.*, 1979; 1981; 1983). Alguns destes

estão na base da carta geológica da Mari-nha Grande, publicada pelos antigos Servi-ços Geológicos de Portugal à escala 1/50000 (Zbyszewski & Assunção, 1965). Apesar da reconhecida importância, é só a partir do final do século passado que se assiste a um grande incremento no estudo das referidas séries, incluindo aspectos puramente estratigráficos, micropaleontológicos, sedimentológicos, geoquímicos e até alguns trabalhos no domínio do património geoló-gico (Duarte, 1995; 1997; 2003, 2004, 2007b; Brunel *et al.*, 1998; N'Zaba-Makaya *et al.*, 1998; Rey *et al.*, 2000; Duarte & So-ares, 2002; Dommergues *et al.*, 2002; 2004; Azerêdo *et al.*, 2003, 2006, 2008; Caetano *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2004; 2005a,b; 2006; 2007; 2008; Caetano, 2004; Duarte, 2007a). Neste contexto, o presente estudo assenta numa caracterização das unidades carbonatadas do Jurássico Inferior aflorantes nesta região, tendo por base as definições litostratigráficas estabelecidas por Duarte & Soares (2002) para toda a Bacia Lusitânica. Para tal, apresenta-se um novo esboço geo-lógico para a faixa costeira de S. Pedro de Moel, baseado nos critérios litostratigráficos evidenciados naquele último trabalho. Esta nova abordagem contribuiu para uma nova visão da cartografia geológica desta região e permitiu ultrapassar algumas das limita-ções de análise estratigráfica evidenciadas em Zbyszewski & Assunção (1965), cujas opções se basearam em critérios biostrati-gráficos.

## **2. O Jurássico da Região de S. Pedro de Moel**

Os afloramentos do Jurássico Inferior da região de S. Pedro de Moel circunscrevem-se à faixa compreendida entre o Penedo da Saudade (a Norte da povoação de S. Pedro de Moel) e a Praia da Polvoeira (fig. 1). Tendo por base o trabalho de Duarte & Soares (2002), que formaliza as principais unidades do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica, definem-se nesta área as seguintes unidades carbonatadas: Formação (Fm.) de Coimbra, Fm. de Água de Madeiros, Fm. de Vale das Fontes, Fm. de Lemed e Fm. de S. Gião (figs. 2 e 3). Enquanto as três primeiras mostram um registo completo e contínuo

(fig. 4), apesar do marcante tectonismo presente na região, as últimas duas afloram de forma parcial, tendo a Fm. de Lemed a expressão cartográfica mais restrita, dependente do perfil de praia desenhado em alguns pontos da faixa costeira.

Do ponto de vista estrutural, as séries carbonatadas jurássicas encontram-se fortemente afectadas por uma tectónica diapírica (diapiro de S. Pedro de Moel; Kullberg, 2000; Alves *et al.*, 2003), facto que se salienta do ponto de vista geomorfológico na sua porção norte, através da imponência das suas arribas. O diapiro de S. Pedro de Moel é uma estrutura alongada com direcção NNE-SSW (Kullberg, 2000), cujos sedimentos argilo-evaporíticos associados (Fm. de Dagorda, do Triásico Superior-Hetangiano; Azerêdo *et al.*, 2003) afloram imediatamente a norte (Pedras Negras) e a sul (Praia da Senhora da Vitória) da região estudada; o diapiro é recoberto por sedimentos pliocénicos e depósitos eólicos (corpos dunares). Por vezes, a unidade hetangiana, de natureza gipsífera, encontra-se interceptada por filões de rochas eruptivas, nomeadamente doleritos (Zbyszewski & Assunção, 1965). A mancha cartografada mostra que a região de S. Pedro de Moel é dominada por uma grande estrutura sinclinal, ocupada nas suas extremidades pela Fm. de Coimbra (fig. 3). No sector norte a série encontra-se estruturalmente mais basculada; a Sul (Polvoeira) os calcários bioclásticos que compõem a série encontram-se menos inclinados. Toda a área é afectada por intensa fracturação, destacando-se, pela sua importância, as falhas com orientação para os primeiros 45° do quadrante oeste. Estas apresentam movimentação translacional complexa e são as responsáveis por diversos contactos entre as unidades presentes, como exemplo: Fm. de Coimbra e Fm. de S. Gião na Praia de S. Pedro de Moel ou Membro (Mb.) Polvoeira e Fm. de Vale das Fontes na Praia da Pedra do Ouro. A fracturação com direcção geral N-S (associada ao diapirismo?) provoca a repetição de partes do perfil, facto particularmente evidente na parte norte da Praia da Concha e a sul da Praia Velha. Também as unidades que se encontram no núcleo da estrutura sinclinal (parte superior da Fm. de Vale das Fontes e

Fm. de S. Gião) são afectadas pela fracturação, limitando as observações e os trabalhos de natureza estratigráfica de alta resolução. Ao longo da região, a sucessão jurássica é sobreposta (por discordância

angular) ou contacta por falha com dois tipos de depósitos siliciclásticos: Pliocénico e corpos dunares (ver Zbyszewski & Assunção, 1965; Ribeiro & Cabral, 1998).

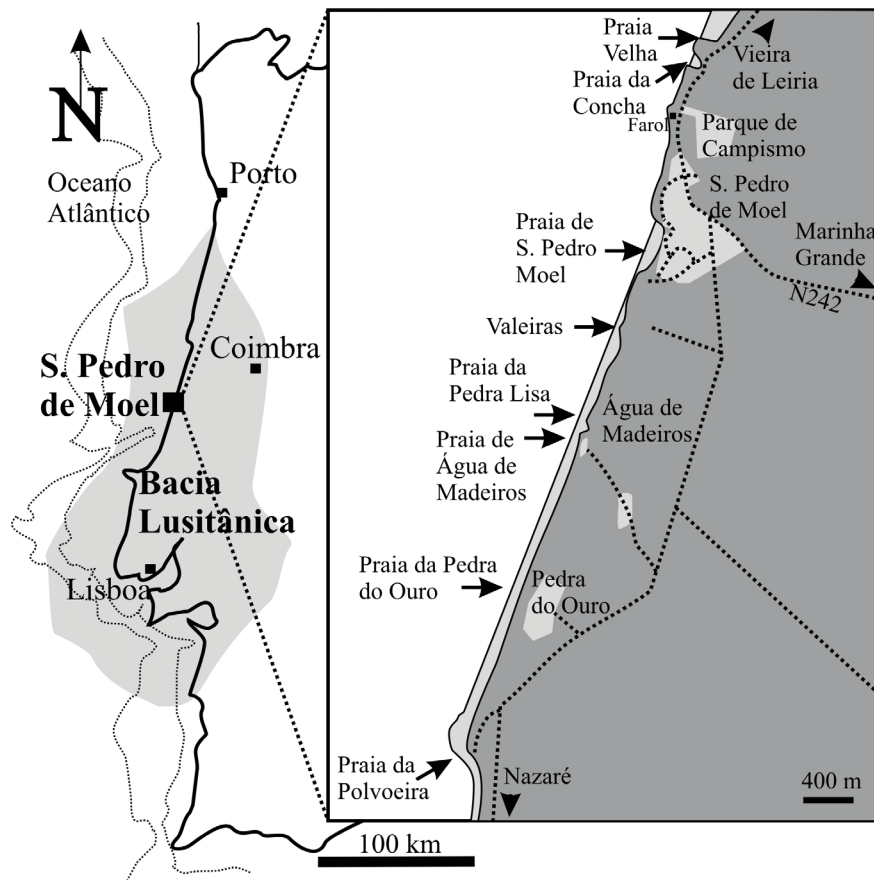


Figura 1 – Localização do sector em estudo (S. Pedro de Moel) no contexto da Bacia Lusitânica.

### 3. Unidades Litostratigráficas

#### 3.1. Fm. de Coimbra

A Fm. de Coimbra é materializada na região de S. Pedro de Moel por uma espessa (> 120 m) sucessão de dolomiticos, calcários dolomíticos, bioconstruídos, margosos e bioclásticos, com raros intervalos margosos (figs. 4 e 5A).

A série distribui-se por dois afloramentos que marcam os extremos da área cartografada: a norte, desde a Praia Velha até à Praia de S. Pedro de Moel, representativo da porção inferior da Fm. de Coimbra (Sinemuriano Inferior-Superior) e a sul, na Praia da Polvoeira, onde se observa o topo da Fm. de Coimbra (Sinemuriano Superior) e passagem à Fm. de Água de

Madeiras. A fauna, essencialmente bentónica, é dominada por bivalves e gastrópodes, observando-se para o topo a ocorrência de braquiópodes. Os amonóides estão restritos às passadas mais margosas que definem a parte superior da unidade (ver Mouterde *et al.*, 1981; Dommergues *et al.* 2004). Os sedimentos que compõem a Fm. de Coimbra podem dividir-se em quatro grandes conjuntos líticos. O primeiro conjunto consiste, na base, em espessas bancadas calcário-dolomíticas a dolomíticas microcristalinas, laminadas, amareladas, nas quais se observa, em algumas superfícies, a ocorrência de bivalves e de raros gastrópodes. As camadas calco-dolomíticas terminam numa superfície de *hardground*. Seguidamente observa-se uma sucessão de camadas calcárias intercaladas com alguns

níveis calco-argilosos e calco-margosos; os calcários contêm leitos bioclásticos/fossilíferos centimétricos (bivalves abundantes e gastrópodes), os depósitos mais margosos têm carácter predominantemente azóico. Diversos níveis têm limites ondulados e apresentam laminação

microbiana mais ou menos definida (*boundstones* tabulares), culminando em ocorrências estromatolíticas predominantemente domiformes (*boundstones* com relevo, em corpos individualizados) (fig. 5B). Estes apresentam um desenvolvimento lateralmente extensivo, com interligações

Cronostratigrafia Biostratigrafia de amonites				Litostratigrafia Zona Oeste da Bacia Lusitânica (excepto Peniche)			
Jurássico Inferior	Toarciano	superior	Aalensis	fm. de Póvoa da Lomba			
			Meneghinii				
			Speciosum				
			Bonarelli				
		médio	Gradata	Fm. de S. Gião	Margas e margas calcárias com braquiópodes		
			Bifrons		Margas e calcários margosos com bioconstruções de espongiários		
		inferior	Levisoni		Margas e calcários margosos com <i>Hildaides</i> e <i>Hildoceras</i>		
			Polymorphum		Calcários nodulosos em plaquetas		
					Margo-Calcários com Fauna de <i>Leptaena</i>		
		Pliensbaquiano	superior (Domeriano)		Spinatum	Fm. de Lemedé	
	Margaritatus						
	Inferior (Carixiano)		Davoei	Fm. de Vale das Fontes	Margo-calcários com níveis betuminosos		
			Ibex		Margas e calcários grumosos		
			Jamesoni		Margas e calcários com <i>Uptonia</i> e <i>Pentacrinus</i>		
	Sinemuriano		superior		Raricostatum	Fm. de Água de Madeiros	Mb. da Praia Pedra Lisa
		Oxynotum		Mb. de Polvoeira			
		Obtusum					
		inferior	Fm. de Coimbra				

Figura 2 – Quadro litostratigráfico das unidades do Jurássico Inferior (Sinemuriano-Toarciano) do sector ocidental (excepção de Peniche) da Bacia Lusitânica (baseado em Duarte & Soares, 2002).

tabulares, pelo que as diversas cúpulas ou domas, apesar de individualizadas, não possuem, no conjunto, uma expressão vertical muito significativa (espessura decimétrica a métrica). Microscopicamente distinguem-se diferentes texturas,

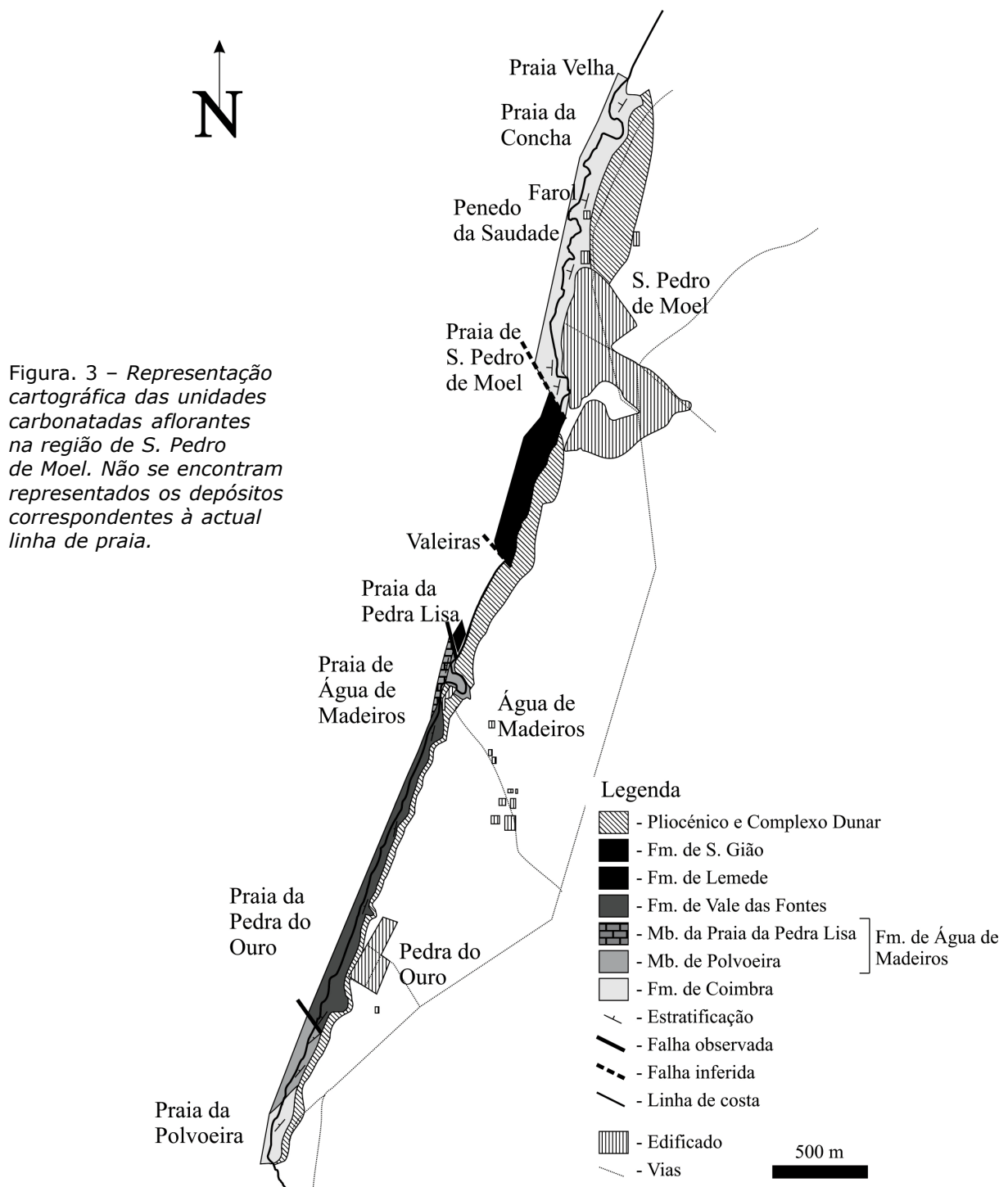
nomeadamente, laminação estromatolítica, textura espongiostromada, micrite peloidal com distribuição homogénea ou em aglomerados, estruturas filamentosas (cianobactérias) degradadas, bandas de micrite mais clara e mais escura, porosidade

vacuolar e semelhante a fenestrada (Azerêdo *et al.*, 2006; 2008).

O segundo conjunto desenvolve-se a seguir aos estromatólitos. Estes são sobrepostos por uma alternância de calcários *mudstone* a *wackestone*, por vezes margosos, em bancadas de espessura decimétrica a centimétrica, em que se observa uma grande abundância de bivalves, incluindo ostreídeos, de equinídeos (sobretudo espículas) e, por vezes, ofiurídeos e alguns gastrópodes. Ocorrem também intercalações

centimétricas bioclásticas, contínuas a lenticulares, de textura *packstone*, raramente *pack-grainstone*, de cor avermelhada. Neste conjunto ocorrem, pela primeira vez, *Thalassinoides* e *Rhizocorallium* (*irregulare?*).

O terceiro conjunto é passível de ser subdividido em várias subunidades com características genericamente semelhantes. A porção inicial e intermédia de cada uma é representada por *mudstones*, *wackestones*, *packstones* e alguns *floatstones* calcários,



geralmente em bancadas decimétricas a centimétricas, dominados por bivalves, gastrópodes e equinódeos. Os contactos têm frequentemente um carácter erosivo, pavimentados com valvas de bivalves desarticulados. A bioturbação, dominada pelos icnogéneros *Thalassinoides* e *Rhizocorallium* (*irregulare?*), confere-lhes um aspecto noduloso. No topo de cada subunidade observa-se a ocorrência de espessos pacotes margo-calcários, por vezes ricos em ostracodos, interestratificados quer com níveis tempestíticos (*rudstones* a raros *floatstones*) de espessura decimétrica, com

pavimentos de conchas de base erosiva nítida, quer com camadas cujo topo se encontra completamente colonizado por bivalves [*Iumachelas* dominadas por *Unicardium costae* (Sharpe); Mouterde *et al.*, 1981]. Na parte superior deste conjunto há, ainda, intercalação de calcários oo-oncolíticos e bioclásticos; nos últimos, encontra-se *Ptycharietites ptychogenos* (Pompeckj) e *Ptycharietites muellense* Dommergues *et al.*, os amonóides mais antigos da Bacia Lusitânica, datados da Zona Obtusum, base do Sinemuriano Superior (Dommergues *et al.*, 2004).

O quarto conjunto representa a porção superior da Fm. de Coimbra, onde se destaca um aumento da espessura das bancadas calcárias, maioritariamente *mudstones a wackestones*, intercaladas com alguns níveis mais argilosos. São observados braquiópodes e *Gryphaea obliqua* Goldfuss.

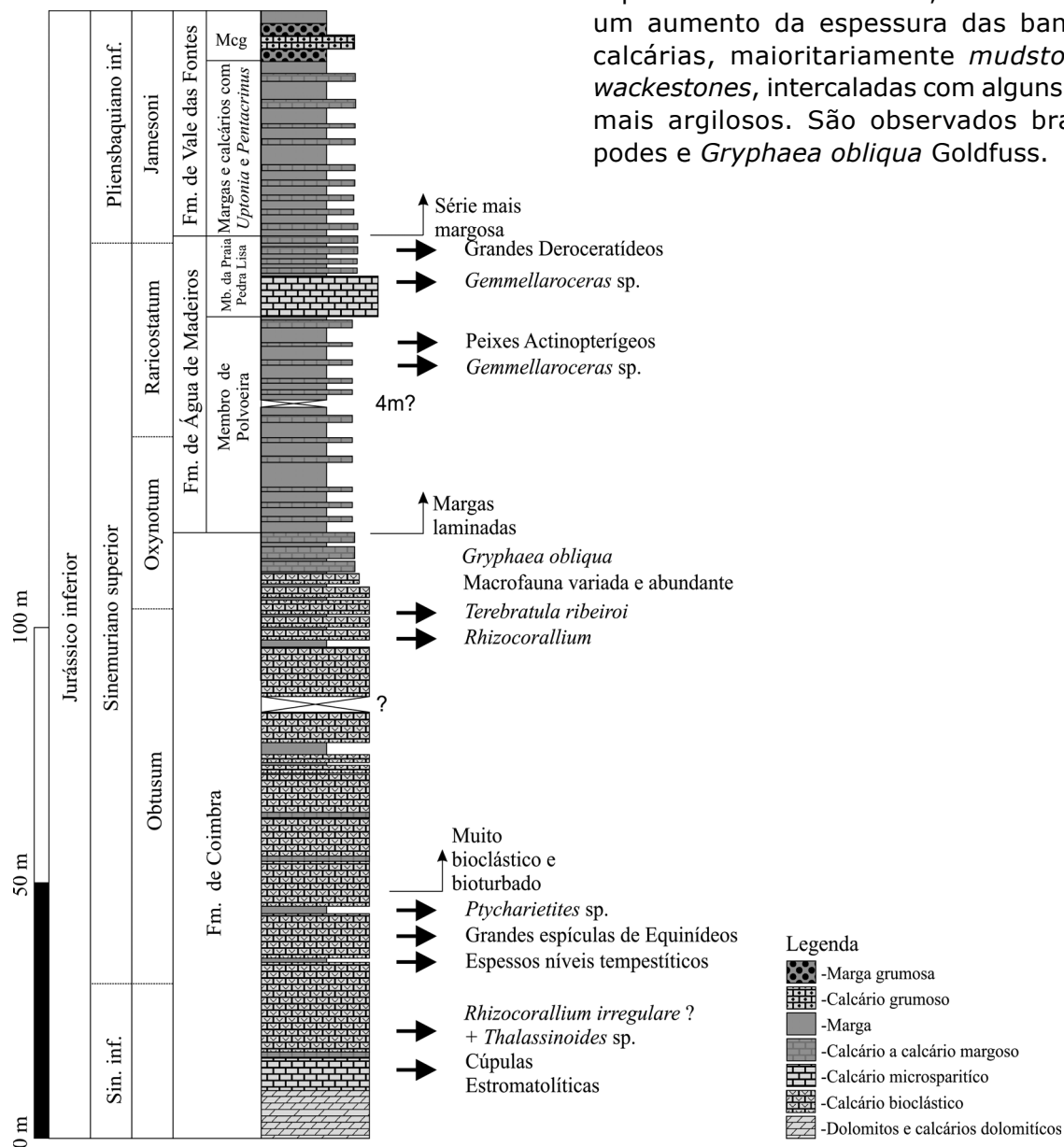


Figura 4 – Coluna sintética da série estratigráfica do Sinemuriano-Pliensbaquiano Inferior aflorante na região de S. Pedro de Moel.

### 3.2. Fm. de Água de Madeiros

Esta unidade carbonatada, que aflora de forma particularmente expressiva nos sectores ocidentais da Bacia Lusitânica, nomeadamente na faixa compreendida entre Figueira da Foz e Peniche, tem a sua localidade-tipo exactamente nesta região, na Praia de Água de Madeiros (Duarte & Soares, 2002). A Fm. de Água de Madeiros, equivalente lateral do designado membro (mb.) calcário terminal da Fm. de Coimbra em sectores mais proximais da bacia (exemplo da região Coimbra-Penela; ver Soares *et al.*, 1985; 1993; Azerêdo *et al.*, 2003), está subdividida em dois membros: Mb. de Polvoeira e o Mb. da Praia da Pedra Lisa (figs. 4 e 5C). Novos dados paleontológicos (amonóides) recolhidos na base do primeiro dos membros referidos, permitem datá-la do intervalo contido entre a possível Zona Oxynotum e o topo da Zona Raricostatum; o segundo membro parece englobar em Água de Madeiros o final da Zona Raricostatum (topo do Sinemuriano Superior) e a base da Zona Jamesoni (base do Pliensbaquiano; Carixiano Inferior).

A região de São Pedro de Moel constitui um dos poucos locais da Bacia Lusitânica onde se observa com clareza a passagem entre as Formações de Coimbra e de Água de Madeiros, sendo o limite definido pela ocorrência do primeiro leito margoso mais expressivo e rico em matéria orgânica. De acordo com a cartografia apresentada na fig. 3, os dois membros desta formação afloram na Praia de Água de Madeiros, onde se define o perfil de referência em Portugal para o limite Sinemuriano-Pliensbaquiano (Duarte *et al.*, 2004; 2006). Mais a Sul, entre as Praias da Pedra do Ouro e da Polvoeira, observa-se praticamente toda a sucessão do Mb. de Polvoeira, inclusivamente a passagem à unidade subjacente.

#### 3.2.1. Mb. de Polvoeira

Este membro atinge na região de S. Pedro de Moel uma espessura de cerca de 42 m. Compreende uma alternância de margas e calcários margosos de cor cinzenta e espessura variável da base para o topo.

Nesta unidade definem-se vários níveis de margas negras laminadas, localmente

betuminosas (*black shales*), com alguns horizontes a mostrarem valores de carbono orgânico total (COT) acima dos 10%; raros atingem os 22% (Duarte *et al.*, 2005b; 2007; 2008).

Na base desta sucessão observam-se os níveis mais bioclásticos e fossilíferos, contendo essencialmente bivalves e braquiópodes (géneros: *Gryphaea*, *Pholadomya*, *Pleuromya*, *Zeilleria*, *Homoeorhynchia*, *Piarorhynchia*, *Spiriferina*, *Lobothyris*, entre outros). Para o topo os níveis tendem a ser cada vez menos ricos em bentónicos enquanto os amonóides e as belemnites tendem a aumentar de expressão. A ocorrência de níveis ricos em *Paltechioceras bohemi* (Hug), *Leptechioceras meigeni* (Hug), *Paltechioceras tardecrescens* (Hauer), *Gleviceras guibalianum* (D'Orbigny) e de *Paltechioceras romanicum* (Uhlig) permitem datar a parte superior deste membro da Zona Raricostatum e reconhecer pela primeira vez as Subzonas Raricostatum, Macdonelli e Aplanatum. Nas litologias margosas mais ricas em matéria orgânica ocorrem frequentemente fragmentos de peixes actinoptérgios (ver Antunes *et al.*, 1981). A nível micropaleontológico, as fácies margosas são muito pobres em ostracodos, sendo outros organismos (planctónicos por exemplo, nanofósseis calcários) extraordinariamente abundantes (ver Duarte *et al.*, 2006). Os níveis calcários correspondem a *mudstones* e *wackestones* micriticos bioclasticos.

#### 3.2.2. Mb. da Praia da Pedra Lisa

Esta unidade, ao contrário da anterior, é predominantemente calcária, apresentando ocasionalmente algumas intercalações de finos leitos margosos de espessura milimétrica a centimétrica. Na base observa-se uma sucessão, com cerca de 8 m de espessura, de calcários microsparíticos de espessura centimétrica a, raramente, decimétrica, por vezes laminados, com superfícies de estratificação irregular, alguma ferruginização e frequentes perfurações. As microfácies são caracterizadas por *mudstones* e *wackestones*, dominadas por ostracodos e radiolários. Apesar de ser reconhecida localmente uma icnofauna composta por *Thalassinoides* e *Rhizoco-*



*rallium*, a fauna macrobentónica é muito rara. Alguns horizontes são particularmente ricos em pequenas amonites recristalizadas (*Gemmellaroceras* sp.).

No topo é visível uma sucessão com cerca de 8 metros de alternâncias de calcários decimétricos com margas cinzentas centimétricas (Duarte & Soares, 2002). Estes níveis superiores apresentam maior riqueza

em elementos fossilíferos, incluindo bentónicos (braquiópodes, bivalves e crinóides) e nectónicos (belemnites e amonites). No topo da Fm. de Água de Madeiros, a presença de *Apoderoceras* do grupo *nodogigas* (Quenstedt) permite definir o topo desta unidade como pertencente à base do Pliensbaquiano (Zona Jamesoni) (ver Dommergues, 1987).



Figura 5 – Alguns afloramentos estudados na área de S. Pedro de Moel: A) Sucessão do Sinemuriano na Praia da Concha. B) Base do Sinemuriano aflorante na Praia Velha, com a localização das cúpulas e domas estromatolíticas (setas). C) Passagem entre o Mb. de Polvoeira e Mb. da Praia da Pedra Lisa da Fm. de Água de Madeiros na Praia de Água de Madeiros. D) Sucessão margosa do mb. Margo-calcários com níveis betuminosos (Fm. de Vale das Fontes) na entrada para a Praia da Pedra do Ouro.

### 3.3. Fm. de Vale das Fontes

Nesta região, a Fm. de Vale das Fontes aflora entre as Praias de Água de Madeiros, onde contacta com a unidade subjacente, e a Praia de Pedra do Ouro. Apesar da continuidade espacial do seu afloramento, a sucessão encontra-se bastante tectonizada, o que dificulta a determinação da sua

espessura total, cujos valores rondarão entre 80 e 90 m.

Esta unidade, maioritariamente margosa, é composta por uma alternância de calcários margosos centimétricos com margas e margas calcárias cinzentas de espessura centimétrica a métrica. Do ponto de vista litostratigráfico, e tal como o preconizado em Duarte & Soares (2002), em



S. Pedro de Moel a Fm. de Vale das Fontes é subdividida nos seus clássicos três membros: Margas e calcários com *Uptonia* e *Pentacrinus*, Margas e calcários grumosos e Margo-calcários com níveis betuminosos, a seguir caracterizados. A natureza paleontológica de toda a unidade torna-a distinta entre as diversas unidades jurássicas, estando profusamente descrita na bibliografia (ver Mouterde, 1951; 1967a,b; Mouterde *et al.*, 1983; 2007; Dommergues, 1987; Dommergues *et al.*, 2002). Apresenta uma grande riqueza de amonóides, belemnites, bivalves, crinóides, braquiópodes e gastrópodes. A grande diversidade em amonóides, presentes em toda a unidade, permite um óptimo controlo biostratigráfico e uma datação desta formação entre a base da Zona Jamesoni e o topo da Zona Margaritatus.

### **3.3.1. Mb. Margas e calcários com *Uptonia* e *Pentacrinus***

(Zona Jamesoni) – É composto por uma sucessão alternante de margas e margas calcárias em camadas métricas a decimétricas com calcários margosos em camadas centimétricas, definindo-se alguns níveis centimétricos ricos em matéria orgânica. Esta unidade é muito rica em elementos bentónicos (braquiópodes, bivalves e crinóides) e nectónicos (amonites e belemnites). A espessura em S. Pedro de Moel é da ordem dos 30 m.

### **3.3.2. Mb. Margas e calcários grumosos**

(Parte terminal da Zona Jamesoni à Zona Ibex) – Com cerca de 20-25 m de espessura, é constituído por margas, margas calcárias e margas e calcários grumosos, intercalados com margas laminadas ligeiramente betuminosas.

As partículas grumosas correspondem a concreções subesféricas de micrite castanha-escura que sobressaem tanto na matriz margosa como micrítica. Contrariamente à unidade anterior, a macrofauna bentónica é menos marcante, sendo frequente em toda a unidade a ocorrência de amonites e belemnites.

### **3.3.3. Mb. Margo-calcários com níveis betuminosos**

(Parte terminal da Zona Ibex ao topo da Zona Margaritatus) – Constitui uma unidade essencialmente margosa (mostra alguns níveis de calcário margoso), bastante ferruginosa (limonítica) e rica em elementos fossilíferos muito diversos, desde bentónicos (braquiópodes, bivalves, gastrópodes e crinóides) a nectónicos (amonites e belemnites). Alguns níveis margosos são de cor cinzenta escura, revelando alguns destes uma forte laminação. Pesquisas recentes de natureza geoquímica demonstraram que estes horizontes são extraordinariamente ricos em matéria orgânica (correspondendo a verdadeiros *black shales*; ver Duarte *et al.*, 2005b; 2007; 2008) (fig. 5D). Esta unidade, à semelhança de outros sectores do sector ocidental da bacia, mostra uma espessura próxima dos 30 m.

### **3.4. Fm. de Leme**

Esta unidade carbonatada, datada do Pliensbaquiano Superior (Domeriano Superior) à extrema base do Toarciano, exhibe uma predominância calcária e aflora praticamente em toda a Bacia Lusitânica (concretamente a Norte do eixo Tomar-Peniche; Duarte & Soares 2002). Contudo, por questões associadas à estrutura e fracturação, esta unidade aflora de forma muito restrita na região de S. Pedro de Moel, onde a sua observação está dependente da variação do perfil de praia ao longo da zona costeira. Em condições muito ideais (supressão da areia na praia), as observações são limitadas às Praias da Pedra Lisa e, mais raramente, da Pedra do Ouro. Aqui, esta formação é caracterizada pela alternância de camadas de calcário margoso e micrítico em bancos decimétricos, com margas calcárias cinzentas menos espessas. Esta sucessão é conhecida pela sua grande riqueza em belemnites. Porém, o carácter limitado do seu registo não permite qualquer estimativa da sua espessura.

### **3.5. Fm. de S. Gião**

O Toarciano está representado em São Pedro de Moel pela Fm. de S. Gião, ocupando

o núcleo da grande estrutura em sinclinal, com os seus afloramentos a limitarem-se à faixa compreendida entre as piscinas de S. Pedro de Moel e Valeiras (fig. 3).

Com idade compreendida entre a base do Toarciano Inferior e o Toarciano Superior (base da Zona Meneghinii), constitui a unidade do Jurássico Inferior mais espessa da Bacia Lusitânica (Duarte & Soares, 2002). No entanto, neste sector, esta unidade apresenta-se intensamente tectonizada e deve compreender pouco mais de 35-40 m de espessura (ver Duarte, 1995). A série é composta por alternâncias irregulares de marga e calcário margoso a micrítico (geralmente *mudstones* a *wackestones* bioclásticos), materializando-se este último litotipo em bancadas mais espessas na base da sucessão sedimentar. O registo paleontológico é assinalável pela presença de amonóides (Hildoceratídeos e Dactiloceratídeos), bivalves e braquiópodes (fundamentalmente rinconelídeos e mais abundantes no topo). De acordo com as definições de Duarte & Soares (2002), as características litológicas, paleontológicas e de organização sedimentológica da série toarciana de S. Pedro de Moel permitem incluí-la nos membros Margas e calcários margosos com *Hildaites* e *Hildoceras* e Margas e calcários margosos com bioconstruções de espongiários.

#### 4. Considerações finais

Da análise litostratigráfica acima evidenciada e de alguns trabalhos recentemente publicados, constata-se que o sector de S. Pedro de Moel é de extrema importância no estudo das séries do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica, com particular destaque para a sucessão Sinemuriano Inferior-Pliensbaquiano Superior (Duarte & Soares, 2002; Dommergues *et al.*, 2004; Duarte, 2004; Duarte *et al.*, 2004; 2005b; 2006; 2007; 2008; Azerêdo *et al.*, 2006; 2008). Devido à posição paleogeográfica de S. Pedro de Moel, à continuidade do seu registo e à natureza excepcional dos seus afloramentos, as Formações de Coimbra e de Água de Madeiros têm neste sector da bacia a sua maior e melhor expressão estratigráfica. Como tal, prevê-se a intensificação do seu

estudo em diversos domínios da Geologia Sedimentar.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi realizado no âmbito dos projectos de investigação PDCTE/CTA/ 44907/2002 e CGL2005-01765/BTE.

#### Referências Bibliográficas

- Alves, T. M.; Gawthorpe, R. L.; Hunt, D. W. & Monteiro, J. H. (2003). Post-Jurassic tectono-sedimentary evolution of the Northern Lusitanian Basin (Western Iberian margin). *Basin Research*, 15: 227-249.
- Antunes, M. T.; Rocha, R. B. & Wenz, S. (1981). Faunule ichtyologique du Lias inférieur de São Pedro de Moel, Portugal. *Ciências da Terra*, UNL, 6: 101-116.
- Azerêdo, A. C.; Duarte, L. V. & Cabral, M. C. (2006). Microbial mounds from the restricted-marine Sinemurian succession of S. Pedro de Moel (Lusitanian Basin, Portugal): preliminary palaeoecological interpretation. *Volumina Jurassica* 4:77.
- Azerêdo, A. C.; Duarte, L. V., Henriques, M. H. & Manuppella, G. (2003). Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. Cadernos de Geologia de Portugal, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 43 pp.
- Azerêdo, A. C.; Silva, R. L. & Duarte, L.V. (2008). Stromatolites as event signs of earliest steps of the Sinemurian marine transgression in the Lusitanian Basin, Portugal. 26th Regional Meeting of the International association of Sedimentologists (IAS), 1-3Sept./2008, *Schrief-tenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geo-wissenschaften*, German Geol. Soc., Bochum (Alemanha), 58: 39.
- Brunel, F.; Bonnet, L.; Ruget, C.; Rey, J.; Mouterde, R. & Rocha, R. (1998). Variations des associations de Foraminifères dans le Domérien du bassin lusitanien en relation avec les fluctuations de l'environnement. Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Lisboa, *Com. Inst. Geol. Mineiro*, 84: A49-A52.
- Caetano, P. S. (2004). Mineralogia e Geoquímica de sequencias do Jurássico-Cretácico da Bacia Lusitaniana. Tese de Doutoramento (não publicada), Univ. Nova de Lisboa, 333 pp.
- Caetano, P. S.; Gonçalves, P.; Rocha, F.; Rey, J. & Rocha, R. B. (2003). Caracterização mineralógica do Domeriano da Bacia Lusitaniana. *Ciências da Terra*, UNL, num. esp. 5: B1-B4 (CD-ROM).
- Choffat, P. (1903-1904). L'Infralias et le Sinémurien du Portugal. *Com. Com. Trab. Geol. de Portugal*, 5:49-114.
- Choffat, P. (1905). Supplément à la description de l'Infralias et le Sinemurien en Portugal. *Com. Serv. Geol. Portugal*, 6 :123-143.
- Dommergues, J-L. (1987). L'évolution chez les Ammonitina du Lias Moyen (Carixien, Domerien basal) en Europe occidentale. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 98: 1-297.
- Dommergues, J-L. & El Hariri, K. (2002). Endemism as a palaeobiogeographic parameter of basin history illustrated by early- and mid-Liassic peri-Tethyan ammonite faunas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 184: 407-418.

- Dommergues, J.-L. ; Meister, C. ; Neige, P. & Rocha, R. B. (2004). Endemic Sinemurian (Early Jurassic) ammonites from the Lusitanian Basin (Portugal). *Revue de Paléobiologie*, 23: 529-549.
- Duarte C., (2007a). As arribas calcárias de S. Pedro de Moel. Importância da geologia na valorização do território. Tese de Mestrado (não publicada), Univ. Coimbra, 157 pp.
- Duarte, C.; Duarte, L. V. & Tavares, A. O. (2005a). An evolution of Geological Heritage and Land-Use Planning: The S. Pedro de Moel Cliffs, Portugal. First International Conference in Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean (ICCCM'05), Tavira, pp. 347-353.
- Duarte, L. V. (1995). O Toarciano da Bacia Lusitaniana. Estratigrafia e evolução sedimentogenética. Tese de Doutoramento (não publicada), Univ. Coimbra, 349 pp.
- Duarte, L. V. (1997). Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian-Early Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). *Com. Inst. Geol. e Mineiro*, 83: 65-94.
- Duarte, L. V. (2003). Contribuição para a valorização do património geológico da costa ocidental portuguesa. O interesse das falésias calcárias de S. Pedro de Moel e de Peniche. *Ciências da Terra*, UNL, num. esp. 5: 136-139 (CD-ROM).
- Duarte, L. V. (2004). The geological heritage of the Lower Jurassic of Central Portugal: Selected sites, inventory and main scientific arguments. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 110: 381-388.
- Duarte, L. V. (2007b). Lithostratigraphy, sequence stratigraphy and depositional setting of the Pliensbachian and Toarcian series in the Lusitanian Basin (Portugal). In R. B. Rocha (ed.) – The Peniche section (Portugal). Contributions to the definition of the Toarcian GSSP. International Subcommittee on Jurassic Stratigraphy, ISBN 978-972-8893-14-9, pp. 17-23.
- Duarte, L. V.; Oliveira, L. C. & Rodrigues, R. (2007). Assinaturas geoquímicas (COT, isótopos de Carbono e Oxigénio) no Sinemuriano Superior-Pliensbachiano basal da região de S. Pedro de Moel (Portugal). XV Semana de Geoquímica, VI Congresso Ibérico de Geoquímica, Vila Real, pp. 510-513.
- Duarte, L. V.; Oliveira, L. C. V.; Silva, F.; Comas-Rengifo, M. J.; Rodrigues, R. & Silva, R. (2008). Organic-rich facies in the Lower Jurassic series of the Lusitanian Basin (Portugal). Stratigraphic definition and Total Organic Carbon. International Symposium IGCP 506 on: Marine and non-marine Jurassic: global correlation and major geological events. Hammamet (Tunisia), p. 57.
- Duarte, L. V.; Perilli, N.; Antonioli, L.; Rodrigues, R.; Cabral, M. C.; Dino, R. & Azerêdo, A. C. (2006). Evidências sedimentológicas, geoquímicas (COT) e micropaleontológicas nas fácies betuminosas do Sinemuriano terminal de Água de Madeiros (Portugal). VII Congresso Nacional de Geologia, Évora, pp. 633-636.
- Duarte, L. V.; Rodrigues, R.; Oliveira, L. C. & Silva, F. (2005b). Avaliação preliminar das variações do Carbono Orgânico Total nos sedimentos margosos no Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica. VIII Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XIV Semana de Geoquímica, Aveiro, pp. 39-43.
- Duarte, L. V. & Soares, A. F. (2002). Litostratigrafia das series margo-calcárias do Jurássico Inferior da Bacia Lusitânica (Portugal), *Com. Inst. Geol. e Mineiro*, 89: 135-154.
- Duarte, L. V.; Wright, V. P.; López, S. F.; Elmi, S.; Krautter, M.; Azerêdo, A. C.; Henriques, M. H.; Rodrigues, R. & Perilli, N. (2004). Early Jurassic carbonate evolution in the Lusitanian Basin (Portugal): facies, sequence stratigraphy and cyclicity. Livro Guia Excursões 23rd IAS Meeting of Sedimentology, vol. 1, pp. 47-71.
- Kullberg, J. (2000). Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitânica. Tese de Doutoramento (não publicada) Univ. Nova de Lisboa, Lisboa, 280 pp.
- Mouterde, R. (1951). Ammonites du Lias moyen portugais. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, 9: 175-190.
- Mouterde, R. (1967a). Le Lias moyen de S. Pedro de Moel (Portugal) (Première partie). *Com. Serv. Geol. Portugal*, 52: 85-208.
- Mouterde, R. (1967b). Le Lias du Portugal. Vue d'ensemble et division en Zones. *Com. Serv. Geol. Portugal*, 52: 209-226.
- Mouterde, R. ; Dommergues, J.-L. ; Meister, C. & Rocha, R. B. (2007). Atlas des fossiles caractéristiques du Lias portugais. III a) Domérien (Ammonites). *Ciências da Terra*, UNL, 16 : 67-111.
- Mouterde, R. ; Dommergues, J.-L. & Rocha, R. B. (1983). Atlas des fossiles caractéristiques du Lias Portugais. II – Carixien. *Ciências da Terra*, UNL, 7: 187-254.
- Mouterde, R.; Rocha, R. B. & Delance, J. (1981). Atlas des fossiles caractéristiques du Lias Portugais: I – Lias inférieur. *Ciências da Terra*, UNL, 6 : 49-74.
- Mouterde, R.; Rocha, R. B.; Ruget, C. & Tintant, H. (1979). Faciès, biostratigraphie et paléogéographie du Jurassique portugais. *Ciências da Terra*, UNL, 5: 29-52.
- N'Zaba-Mayala, O.; Abreu, B.; Rey, J.; Brunel, F.; Mouterde, R. & Rocha, R. (1998). Les peuplements d'ostracodes dans le Domérien du Bassin Lusitanien. V Congresso Nacional de Geologia, Lisboa, *Com. Inst. Geol. Mineiro*, 84: A53-A56.
- Pompeckj, J. F. (1898). Notes sur quelques ammonites du Sinémurien du Portugal. *Com. Com. Trab. Geol. de Portugal*, 3: 210-238.
- Pompeckj, J. F. (1906). Notes sur les *Oxynoticer* du Sinémurien supérieur du Portugal et remarques sur le genre *Oxynoticer*. *Com. Com. Trab. Geol. de Portugal*, 6: 214-338.
- Rey, J. M.; Bonnet, L. M. ; Brunel, F. M. ; Ruget, C., Cubaynes, R. ; Mouterde, R. & Rocha, R. B. (2000). Comparaison des associations de foraminifères dans le Domérien des Bassins Aquitain (France et Lusitanien (Portugal). *Geobios*, 33: 135-144.
- Ribeiro, P. & Cabral, J. (1998). Study of Plio-Quaternary tectonic deformations on the southern side of S. Pedro de Muel Diapiric Structure (Vale Paredes – Marinha Grande). V Congresso Nacional de Geologia, Lisboa, *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 84: D73-D75.
- Soares, A. F.; Marques, J. F. & Rocha, R. B. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Miner. Geol. Univ. Coimbra*, 100: 41-71.
- Soares, A. F.; Rocha, R. B.; Elmi, S.; Henriques, M. H.; Mouterde, R.; Almeras, Y.; Ruget, C.; Marques, J.; Duarte, L.; Carapito, C. & Kullberg, J. C. (1993). Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias ao Jurassique moyen: histoire d'un "rift avorté". *C. R. Acad. Sci. Paris*, ser. 2, 317: 1659-1666.
- Zbyszewski, G. & Assunção, C. H. (1965). Notícia explicativa da Folha 22-D Marinha Grande, da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50.000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 45 p.